

ANUC 7Y.04-1960

N° 1.230.024

Société Industrielle  
et Compagnie des Ateliers et Forges de la Loire

2 planches. — Pl. I

Fig. 1

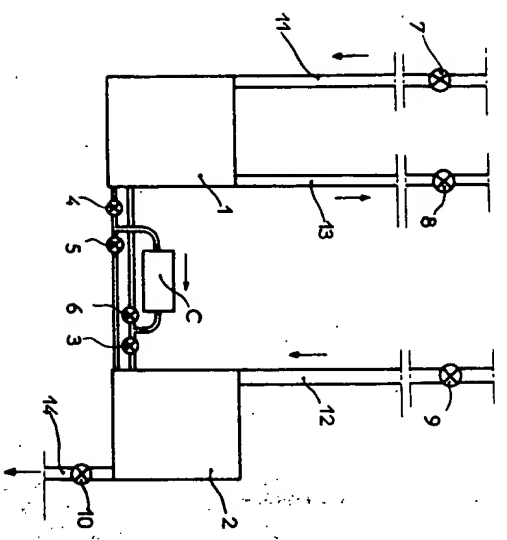


Fig. 2

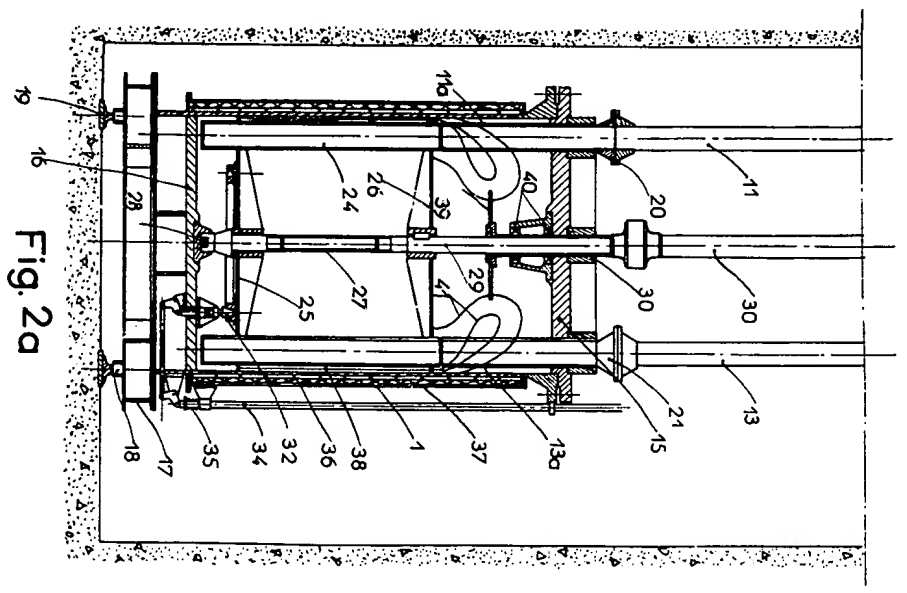
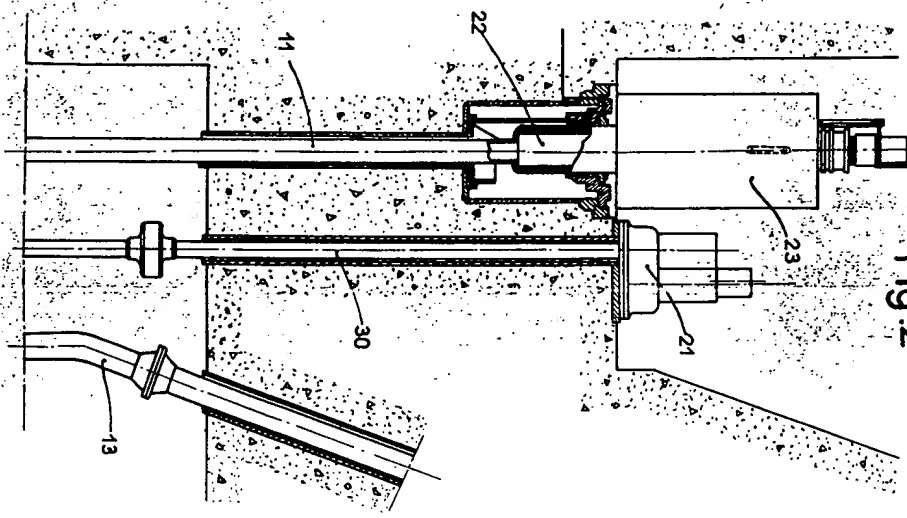


Fig. 2a

F 30

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig. 3

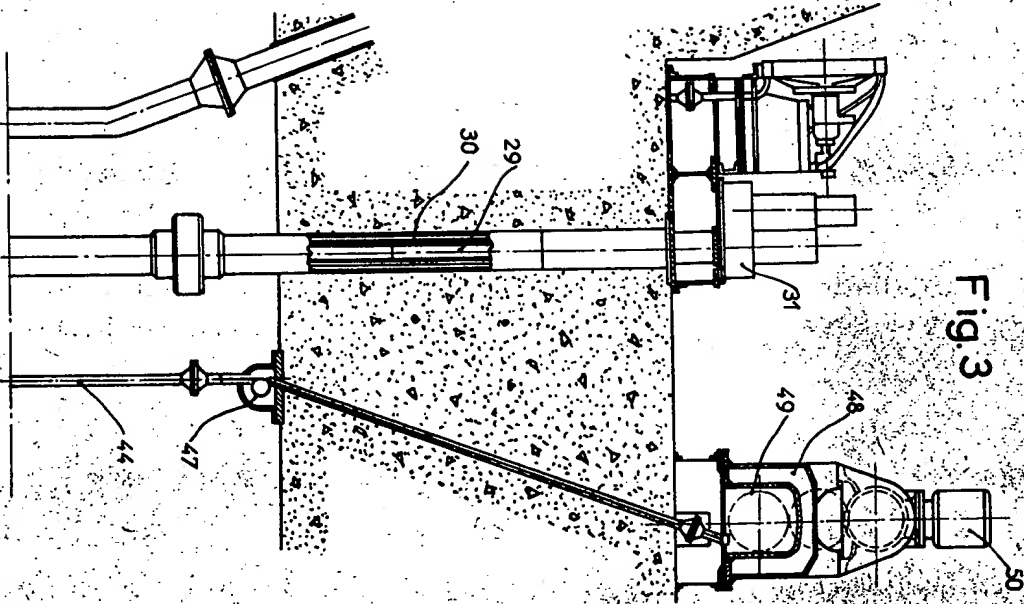
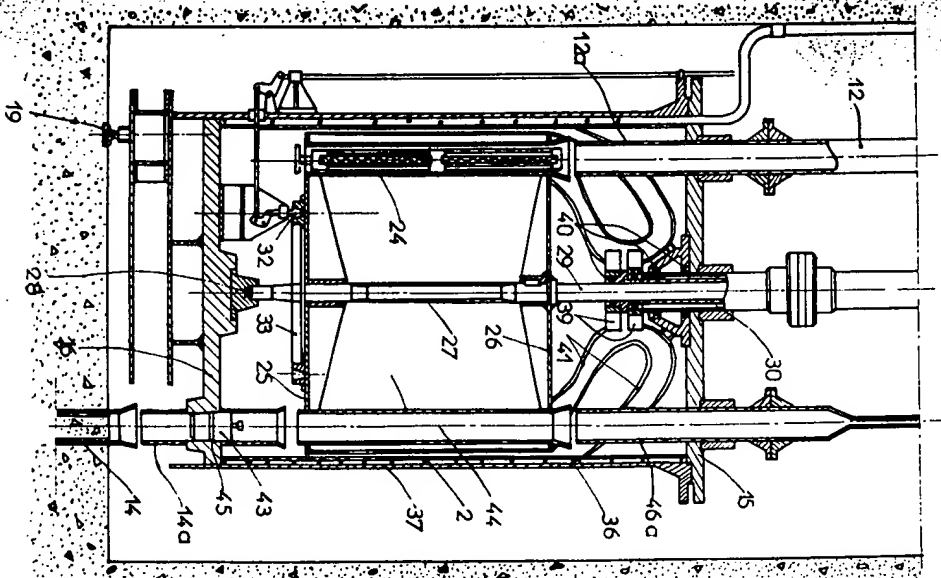


Fig. 3a



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

204/154.39

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE

SERVICE

de la PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

## BREVET D'INVENTION

P.V. n° 790.670

N° 1.230.024

Classification internationale :

G 21

**Système et appareillage de chargement et de déchargement d'éléments de combustible pour réacteurs atomiques à gaz sous pression.** (Invention : TIBERGHIE, ALLIOT et CHARON.)

SOCIÉTÉ INDATOM et COMPAGNIE DES ATELIERS ET FORGES  
LOIRE résidant en France (Seine).

**Demandé le 27 mars 1959, à 16<sup>h</sup> 40<sup>m</sup>, à Paris.**

**Délivré le 28 mars 1960. — Publié le 13 septembre 1960.**

(Brevet d'invention dont la délivrance a été ajournée en exécution de l'article 11, § 7, de la loi du 5 juillet 1844 modifiée par la loi du 7 avril 1902.)

La présente invention concerne les réacteurs atomiques à noyau immergé dans une circulation de gaz sous pression, par exemple de 25 kg/cm<sup>2</sup>, ce gaz et cette pression n'étant cités qu'à titre d'exemple et pour plus de commodité dans l'exposé de l'invention qui est d'une portée plus générale. Elle a principalement pour but de permettre, dans les réacteurs atomiques à circulation de gaz sous pression, d'introduire dans les canaux du noyau des éléments de combustible neuf, ou d'en retirer des éléments usés, sans donner lieu à des fuites dans l'atmosphère ambiante du gaz en question, et à des rentrées dans ce dernier, d'air ou autre gaz susceptible de le souiller et d'en altérer la pureté qui doit être maintenue à un degré élevé.

Comme dans les cas où l'on veut faire passer des matières d'un espace à pression de gaz donnée dans un autre espace à pression de gaz différente, l'invention a recours, pour la solution du problème posé ci-dessus, à la technique du sas ou cavité intermédiaire entre ces espaces, et dans lequel la pression de gaz est alternativement rendue égale à celle régnant dans l'un et l'autre espace. Mais ce principe du sas ne peut être appliqué tel quel à la technique spéciale visée par l'invention, puisqu'il donne lieu à des inconvénients que l'invention se propose précisément d'éliminer, c'est-à-dire à des fuites de gaz du milieu haute pression au milieu basse pression, à chaque manœuvre du sas, et au mélange en proportion progressivement croissante du gaz basse pression avec le gaz haute pression.

L'invention consiste principalement à combiner deux sas ou enceintes étanches, dites l'une de chargement, pour introduire les éléments de combustible dans le réacteur, l'autre dite de déchar-

gement, pour l'évacuation des éléments de combustibles usés, ces deux enceintes pouvant communiquer entre elles à travers un compresseur ou machine équivalente, de façon que, lesdites enceintes étant remplies d'une masse totale de gaz déterminée, on puisse faire passer et refouler une partie de cette masse de l'une à l'autre enceinte pour que la pression dans l'enceinte de chargement soit égale à la pression atmosphérique quand la pression dans l'enceinte de déchargement est égale à la pression du gaz dans le réacteur, et inversement.

De cette définition de principe de l'invention, il ressort immédiatement qu'avec un ensemble de conduites et de vannes ou clapets relativement simple, on peut exécuter les manœuvres de chargement et de déchargement d'un réacteur à gaz sous pression, sans fuites de ce gaz à l'extérieur des circuits, et sans rentrée d'air à l'intérieur, puisque la pression dans chaque enceinte est toujours égale à celle du milieu avec lequel elle est mise en communication, soit pour être chargée en éléments de combustible neuf soit pour être déchargée des éléments de combustible usé.

L'invention concerne aussi, pour la mise en œuvre du système défini ci-dessus, un appareillage caractérisé notamment par les principaux points ci-après, d'ailleurs applicables séparément et en toutes combinaisons :

1° Chacune des enceintes contient un réceptacle en cage d'écureuil à axe vertical dont les barreaux sont constitués par des tubes de réception des éléments de combustible, et qui, par déplacement angulaire de la cage d'écureuil autour de son axe, peuvent être amenés successivement dans le prolongement de conduites raccordées à l'enceinte et prévues pour introduire dans cette der-

nière, ou pour en retirer, les éléments de combustible.

2° Les positions angulaires de la cage d'écuriel, qui correspondent aux positions de chargement ou de déchargement en éléments de combustible, sont déterminées par un loquet commandé de l'extérieur de l'enceinte.

3° Les enceintes sont pourvues d'une chemise extérieure et de moyens de circulation d'un fluide de réchauffage ou de refroidissement, le réchauffage étant appliqué à l'enceinte de chargement des éléments de combustible neuf, et le refroidissement à l'enceinte d'évacuation des éléments usés.

4° Un dispositif de circulation ou de brassage de gaz est prévu dans chaque enceinte pour activer le réchauffage ou le refroidissement des éléments de combustible, ce dispositif comprenant un rotor entraîné par un arbre tubulaire coaxial à l'arbre d'entraînement de la cage d'écuriel.

5° Les enceintes sont montées sur des chariots mobiles sur des voies posées dans le massif de béton qui constitue la paroi de protection biologique du réacteur, ces chariots étant fixes en périodes de service du réacteur et les entrées et les sorties des enceintes étant raccordées de façon étanche aux conduites correspondantes par lesquelles sont introduits ou sortis les éléments de combustible.

6° L'entrée et la sortie de l'enceinte de chargement sont l'une et l'autre prévues sur son fond supérieur et pourvues de brides et dispositifs de raccordement étanches respectivement avec une conduite de chargement et de déchargement fixes dans la masse du béton de protection biologique.

7° L'enceinte d'évacuation des éléments de combustible usé a son entrée disposée sur son fond supérieur et sa sortie disposée sous son fond inférieur, cette sortie étant commandée par un obturateur ou dispositif équivalent manœuvré de l'extérieur par un câble contenu dans une conduite étanche qui débouche dans l'enceinte d'évacuation.

D'autres particularités et avantages propres à l'invention ressortiront de la description ci-après établie en se reportant aux dessins annexés dans lesquels :

La fig. 1 est un schéma explicatif du principe de base de l'invention ;

Les fig. 2 et 2a, disposées dans l'ordre suivant un axe vertical commun, représentent, en élévation et coupes axiales, l'ensemble de l'enceinte de chargement et de ses conduites d'entrée et de sortie ;

Les fig. 3 et 3a, disposées comme les fig. 2 et 2a, représentent l'ensemble de l'enceinte d'évacuation et de ses conduites d'entrée et de sortie.

On a considéré, dans l'exposé qui suit, une seule combinaison de deux enceintes, mais on comprendra qu'un même réacteur atomique peut être desservi par plus d'une telle combinaison en fonctionnement séparé, simultané ou alterné.

Dans la combinaison de principe de l'invention, on prévoit deux enceintes 1 et 2 (fig. 1) ; l'enceinte 1 est l'enceinte de chargement, c'est-à-dire d'introduction des cartouches ou éléments de combustible neuf dans le réacteur ; l'enceinte 2 est l'enceinte d'évacuation, c'est-à-dire, par exemple, de transfert aux containers de réception, des éléments de combustible usé.

Comme expliqué plus haut, les opérations de chargement et d'évacuation doivent être effectuées sans donner lieu à des fuites dans l'atmosphère ambiante du gaz à l'état de haute pureté entretenu à une pression de 25 kg/cm<sup>2</sup> dans l'enceinte de pression qui contient le noyau du réacteur, et à des rentrées d'air ou autre gaz dans le gaz pur. A cet effet, une masse de gaz pur est constamment maintenue dans l'ensemble des deux enceintes 1 et 2, dans des conditions telles que la pression dans l'une de ces enceintes puisse être amenée à la pression atmosphérique ou à une pression inférieure, la pression dans l'autre enceinte étant alors égale à la pression du gaz dans le réacteur, ou amenée à la pression du réacteur, la pression dans l'autre enceinte étant alors égale à la pression atmosphérique ou inférieure à cette pression. Dans l'exemple de réalisation envisagée, on interpose entre les cavités étanches des deux enceintes 1 et 2, un compresseur C ou machine équivalente, combiné avec des tuyauteries et des vannes appropriées.

Au départ, on lave les deux enceintes 1 et 2 par balayage avec du gaz pur et par manœuvre de vannes, comme expliqué ci-après, pour isoler ces enceintes de l'extérieur, on les charge de la masse de gaz qui convient pour l'obtention des effets décrits ci-dessus.

Le fonctionnement est le suivant :

On supposera que l'enceinte 1 contient du gaz à la pression atmosphérique et l'enceinte 2 du gaz à la pression du réacteur (25 kg/cm<sup>2</sup>). Les vannes 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 et 10, sont fermées. On supposera aussi que les deux enceintes 1 et 2 sont vides d'éléments combustibles. Après avoir ouvert la vanne 7, on peut, au moyen d'un appareillage spécial qui, en soi, n'importe pas à l'invention, introduire un par un par la conduite 11, des éléments de combustible neuf en provenance de l'atmosphère qui est en équilibre de pression avec l'intérieur de l'enceinte 1. En même temps qu'on exécute cette opération de chargement de l'enceinte 1, on fait passer, au moyen d'un appareillage analogue,

dans l'enceinte 2 par conduite 12, la vanne 9 étant ouverte, les éléments de combustible usés, en provenance du réacteur dans lequel la pression du gaz est égale à celle de l'enceinte 2.

Les enceintes 1 et 2 étant chargées comme on vient de l'expliquer, on ferme les vannes 7 et 9 et on établit la communication entre ces enceintes, par exemple en ouvrant les vannes 4 et 5, les vannes 3 et 6 étant fermées. Les pressions de gaz s'équilibrent dans les enceintes à une valeur intermédiaire entre la pression atmosphérique et 25 kg/cm<sup>2</sup>. On ferme la vanne 4, la vanne 5 restant ouverte, et on ouvre la vanne 6, la vanne 3 restant fermée ; on met en marche le compresseur C qui aspire dans l'enceinte 2 et refoule dans l'enceinte 1 jusqu'à ce que les pressions soient égales à 25 kg/cm<sup>2</sup> dans l'enceinte 1 et à la pression atmosphérique dans l'enceinte 2. On peut alors fermer, s'il y a lieu, les vannes 5 et 6.

En ouvrant la vanne 8, on peut transférer, par la conduite 13, les éléments de combustible neuf de l'enceinte 1 au réacteur ou à un dispositif de transfert dans lequel la pression de gaz est égale à celle dans cette enceinte. En même temps, on peut évacuer hors de l'enceinte 2, par la conduite 14, la vanne 10 étant ouverte, les éléments de combustible usé dans un local où règne la pression atmosphérique égale à celle qui règne dans l'enceinte 2.

Pour amener la pression dans l'enceinte 1 à la pression atmosphérique et la pression dans l'enceinte 2 à 25 kg/cm<sup>2</sup>, on égalise d'abord les pressions dans les deux enceintes comme déjà expliqué et on met en marche le compresseur C après avoir fermé les vannes 5 et 6 et ouvert les vannes 3 et 4, l'exemple envisagé supposant que le compresseur C est irréversible.

L'invention, telle qu'on vient de la décrire dans son principe, peut évidemment être mise en œuvre au moyen d'appareillages divers qui peuvent différer surtout par l'organisation des enceintes 1 et 2. Les réalisations représentées par les fig. 2-2a et 3-3a sont notamment conçues pour faciliter les manœuvres, accélérer les opérations de transfert des éléments de combustible, réchauffer les éléments neufs et refroidir les éléments usés. Comme montré par les fig. 2-2a l'enceinte de transfert des éléments de combustible neuf comprend un corps cylindrique 1 à axe disposé verticalement, et fermé par deux fonds 15 et 16, de manière à constituer un ensemble, soudé par exemple, apte à résister aux pressions maximales mises en œuvre. Cet ensemble est monté de préférence sur un châssis 17 muni de roues porteuses 18 qui peuvent rouler sur des rails 19 posés sur le fond de couloirs de circulation ménagés dans

la masse de béton qui constitue la paroi de protection biologique du dispositif. En position de service, l'enceinte 1 est raccordée par des brides 20 et 21 aux conduites de chargement 11 et de déchargement 13, toutes précautions étant évidemment prises pour assurer l'étanchéité de l'enceinte 1. Celle-ci est aussi pourvue d'autres raccords avec les tuyauteries associées au compresseur C de la fig. 1.

A sa partie supérieure, la conduite 11 est agencée pour permettre d'y introduire une manchette 22 de raccordement d'une machine 23, l'étanchéité étant assurée par tous moyens appropriés et des moyens étant prévus pour que la conduite 11 soit automatiquement obturée quand la manchette 22 est dégagée de cette conduite. La machine 23, dont l'organisation n'importe pas à l'invention, comprend un corps d'introduction des éléments de combustible. Les liaisons entre la machine 23 et la conduite 11 étant établies, on saisit, au moyen d'un dispositif spécial, un élément de combustible précédemment introduit dans la machine 23 et on le dépose dans un des canaux 24 de l'enceinte 1.

Les éléments de combustible neuf dans l'enceinte 1 sont reçus dans ces tubes 24 répartis sur une même surface cylindrique coaxiale à la paroi 1 et soutenus par deux flasques 25 et 26 entretoisés par un arbre central 27 dont l'extrémité inférieure repose par une crapaudine 28 sur le fond 16 de l'enceinte 1. L'ensemble constitue une cage d'écureuil, à axe disposé verticalement, qui peut être déplacée angulairement autour de cet axe vertical par un arbre 29 monté dans un arbre tubulaire 30 et accouplé à sa partie supérieure avec l'un des pignons d'un train de liaison avec un moteur de commande approprié 31.

Les positions angulaires de la cage d'écureuil qui correspondent à la position d'un tube 24 dans le prolongement du tube 11a ou du tube 13a, sont déterminées par engagement d'un loquet 32 dans l'un des alvéoles pratiqués dans une couronne 33 fixée sur le flasque inférieur 25 et concentrique à l'arbre 27. Ce loquet, dont la tige traverse de façon étanche le fond 16 de l'enceinte 1, est attelé à une tringlerie appropriée 34 qui en permet la commande à distance, un ressort 35 agissant par exemple pour solliciter constamment le loquet 32 vers la couronne 33.

Pour réchauffer, à la température qui convient, les éléments de combustible neuf entre l'instant de leur introduction dans l'enceinte 1 et l'instant de leur transfert dans le réacteur, l'enceinte 1 est équipée avec des moyens de réchauffage qui, dans la réalisation représentée, utilisent des résistances chauffantes. A cet effet, une résistance chauff-

fante 36 est disposée entre la paroi 1 de l'enceinte et une chemise externe 37, de préférence calorifugée.

Pour accélérer le réchauffage de l'atmosphère de gaz enclose dans l'enceinte et, par suite, le réchauffage des éléments de combustible contenus dans les tubes 24, on peut, comme représenté, déplacer cette atmosphère pour la faire circuler le long de la surface interne de la paroi 1 entre cette surface et une paroi 38 supportée par les deux flasques 25 et 26 et entourant l'ensemble de la cage d'écureuil, puis la déplacer à l'intérieur des tubes 24 de l'extrémité inférieure desquels elle remonte dans l'espace entre les parois 1 et 37.

Cette circulation est, par exemple, assurée par un rotor propulseur 39 calé sur l'arbre tubulaire 30 centré dans les roulements 10 et accouplé avec l'un des pignons du train de liaison avec le moteur 31. Les surfaces actives du rotor 39 tournent dans un espace annulaire compris entre les parois directrices coaxiales 41, cet espace communiquant avec l'espace compris entre les parois 1 et 37 et débouchant au-dessus de la surface annulaire de répartition des orifices supérieurs des tubes 24. Les parois 41 sont, par exemple, soutenues par appui sur la paroi 1 et sur les tubes 11a et 13a.

Les éléments neufs ayant été réchauffés dans l'enceinte 1 et la pression dans cette enceinte 1 étant égale à celle du réacteur ou du dispositif de transfert, par exemple 25 kg/cm<sup>2</sup>, par passage du gaz contenu dans l'enceinte 2 à l'aide du compresseur C, on peut extraire, à l'aide d'un dispositif approprié d'un type connu, ces éléments pour les introduire dans le réacteur ou le dispositif de transfert par la conduite 13.

L'enceinte d'évacuation des éléments de combustible usé (fig. 3-3a) est, en grande partie, constituée d'éléments analogues, sinon absolument identiques, aux éléments de l'enceinte 1. On a affecté, dans les fig. 3-3a, les éléments semblables à ceux des fig. 2-2a, des mêmes nombres de référence que sur ces dernières figures, et on peut se reporter, en ce qui concerne ces éléments, à la description donnée plus haut à propos des fig. 2-2a.

Les particularités propres à l'enceinte d'évacuation 2, sont les suivantes :

En plus des tubes 24 de réception des éléments de combustible usé qui sont introduits par la conduite 12, sont disposés, dans la cage d'écureuil, deux tubes adjacents 42 qui constituent les deux extrémités de la rangée de tubes 24 de cette cage. Les tubes 42 sont utilisés au début d'une opération de déchargement de l'enceinte, pour dégager un obturateur 43 qui ferme normalement le tube

de sortie 14a des éléments de combustible usé. Cet obturateur repose par son propre poids sur un siège approprié prévu dans le fond 16 et pourvu de joints d'étanchéité appropriés 45. Un câble 44 passe dans une conduite 46, sur une poulie de renvoi 47, et il aboutit dans une cavité étanche 48 sur des poulies 49 dont l'une est commandée par un moteur approprié 50. L'extrémité inférieure du câble est munie d'un dispositif, non représenté, commandé à distance pour être accroché à l'obturateur, ou décroché. Pour ouvrir l'obturateur, ce qui ne doit avoir lieu que lorsque la pression du gaz dans l'enceinte 2 a été ramenée à la pression atmosphérique, on soulève cet obturateur jusque dans le tube 46a et on le place dans un des tubes 42. On procède ensuite à l'opération de déchargement de l'enceinte 2 par l'intermédiaire du tube 14. A la fin de cette opération, l'obturateur 43, descendu dans le tube 42 est repris et redescendu sur son siège. Le câble 44 est décroché de l'obturateur 43 et remonté dans le tube 46a. La pression dans l'enceinte 2 peut être ramenée à 25 kg/cm<sup>2</sup>, et l'opération de rechargement de cette enceinte peut recommencer.

Le serpentin 36 est parcouru par un fluide à basse température, car les éléments de combustible, qui proviennent chauds du réacteur, doivent être refroidis avant d'être évacués hors de l'enceinte 2.

#### RÉSUMÉ

I. Système de chargement et de déchargement d'éléments de combustible pour réacteurs atomiques à gaz sous pression, caractérisé principalement par la combinaison de deux sas ou enceintes étanches, dites l'une de chargement, pour introduire les éléments de combustible dans le réacteur, l'autre dite de déchargement, pour l'évacuation des éléments de combustible usé, ces deux enceintes pouvant communiquer entre elles à travers un compresseur ou machine équivalente, de façon que, lesdites enceintes étant remplies d'une masse totale de gaz déterminée, on puisse faire passer et refouler une partie de cette masse de l'une à l'autre enceinte pour que la pression dans l'enceinte de chargement soit égale à la pression atmosphérique quand la pression dans l'enceinte de déchargement est égale à la pression du gaz dans le réacteur, et inversement.

II. Appareillage pour la mise en œuvre du système suivant I, caractérisé notamment par les points ci-après, applicables séparément et en toutes combinaisons :

1° Chacune des enceintes contient un réceptacle en cage d'écureuil à axe vertical dont les barreaux sont constitués par des tubes de réception



des éléments de combustible, et qui, par déplacement angulaire de la cage d'écureuil autour de son axe, peuvent être amenés successivement dans le prolongement de conduites raccordées à l'enceinte et prévues pour introduire dans cette dernière, ou pour en retirer, les éléments de combustible ;

2° Les positions angulaires de la cage d'écureuil, qui correspondent aux positions de chargement ou de déchargement en éléments de combustible, sont déterminées par un loquet commandé de l'extérieur de l'enceinte ;

3° Les enceintes sont pourvues d'une chemise extérieure et de moyens de réchauffage ou de refroidissement, le réchauffage étant appliqué à l'enceinte de chargement des éléments de combustible neufs, et le refroidissement à l'enceinte d'évacuation des éléments usés ;

4° Un dispositif de circulation ou de brassage de gaz est prévu dans chaque enceinte pour activer le réchauffage ou le refroidissement des éléments de combustible, ce dispositif comprenant un rotor entraîné par un arbre tubulaire coaxial à l'arbre d'entraînement de la cage d'écureuil ;

5° Les enceintes sont montées sur des chariots mobiles sur des voies posées dans le massif de

béton qui constitue la paroi de protection biologique du dispositif, ces chariots étant fixes en périodes de service du réacteur et les entrées et les sorties des enceintes étant raccordées de façon étanche aux conduites correspondantes par lesquelles sont introduits ou sortis les éléments de combustible ;

6° L'entrée et la sortie de l'enceinte de chargement sont l'une et l'autre prévues sur son fond supérieur et pourvues de brides et dispositifs de raccordement étanches respectivement avec une conduite de chargement et de déchargement fixes dans la masse du béton de protection biologique ;

7° L'enceinte d'évacuation des éléments de combustible usé a son entrée disposée sur son fond supérieur et sa sortie disposée sous son fond inférieur, cette sortie étant commandée par un obturateur ou dispositif équivalent manœuvré de l'extérieur par un câble contenu dans une conduite étanche qui débouche dans l'enceinte d'évacuation.

SOCIÉTÉ INDATOM  
et COMPAGNIE DES ATELIERS ET FORGES  
DE LA LOIRE

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**